

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-018385

(43)Date of publication of application : 23.01.2001

(51)Int.CI.

B41J 2/045

B41J 2/055

(21)Application number : 11-195920

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 09.07.1999

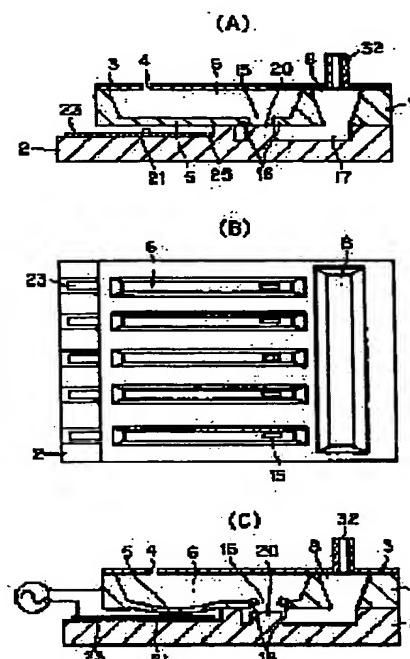
(72)Inventor : HASHIMOTO KENICHIRO

## (54) INKJET HEAD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an ink jet head having a high ink ejection efficiency and a low driving voltage at low cost.

**SOLUTION:** Through holes 15 extending from a common ink chamber 8 to a delivery chamber 6 are made in a plane for forming a diaphragm 5, a thin plate 16 composed of a same member as the diaphragm 5 is provided in an ink inlet passage, and ink is supplied from the common ink chamber 8 to the delivery chamber 6 through an ink inlet passage 17 and the through holes 15. When a voltage is applied between the diaphragm 5 and an individual electrode 21, the diaphragm 5 is bent toward the individual electrode 21 side by electrostatic force and the pressure in the delivery chamber 6 is reduced. Consequently, the thin plate 16 is bent upward and the interval between the thin plate 16 and a stopper 20 is increased thus supplying ink into the delivery chamber 6. When the voltage is removed, the diaphragm 5 begins to be reset by resiliency and pushes out ink in the delivery chamber 6. The thin plate 16 tries to flex downward but it can not flex because of the stopper 20 and ink flow from the delivery chamber 6 to the common ink chamber 8 side is interrupted by means of the thin plate 16 and the stopper 20.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-18385

(P2001-18385A)

(43)公開日 平成13年1月23日 (2001.1.23)

(51)Int.Cl.<sup>1</sup>

B 4 1 J 2/045  
2/055

識別記号

F I

B 4 1 J 3/04

テマコード(参考)

1 0 3 A 2 C 0 5 7

審査請求 未請求 請求項の数13 O.L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平11-195920

(22)出願日 平成11年7月9日 (1999.7.9)

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 橋本 錠一郎

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(74)代理人 100079843

弁理士 高野 明近 (外2名)

Fターム(参考) 20057 AF04 AF55 AF93 AG54 AG55

AG76 AP02 AP14 AP32 AP33

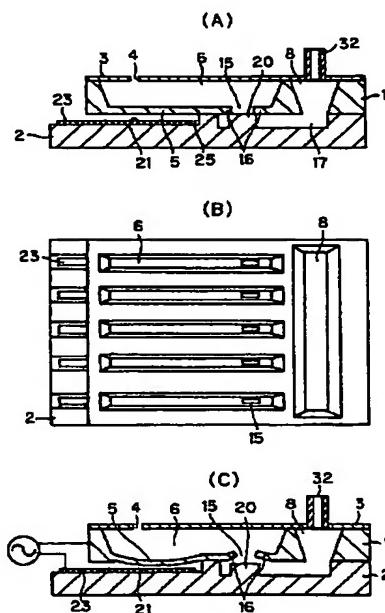
AP34 AQ01 AQ02 BA04 BA15

(54)【発明の名称】 インクジェットヘッド

(57)【要約】

【課題】 インク吐出が高効率であり、駆動電圧が低く、低成本のインクジェットヘッドを提供する。

【解決手段】 振動板5が形成される面に共通インク室8から吐出室6への貫通孔15を設け、インク流入経路内に振動板5と同一部材で構成された薄板16を有し、インクは共通インク室8からインク流入路17、貫通孔15と通って吐出室6に供給される。振動板5と個別電極21との間に電圧を印加すると、静電気力によって振動板5が個別電極21側に撓み、吐出室6内の圧力が減少し、薄板16は上方に撓み、薄板16とストップ20の間隔が広くなり、吐出室6にインクが供給される。電圧を除去すると、振動板5は弾性力により元に戻ろうとし、吐出室6内のインクを押し出す。この時、薄板16は下方に撓もうとするがストップ20のために撓むことができず、薄板16とストップ20により吐出室6から共通インク室8側へのインクの流れは遮断される。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 インク液滴を吐出する单一又は複数のノズル孔と、前記ノズル孔のそれぞれに連通する吐出室と、前記吐出室と連通する共通インク室と、前記吐出室の少なくとも一方の壁を構成する振動板と、該振動板に変形を生じさせる手段を備え、前記振動板を構成する部材の一部が前記吐出室と前記共通インク室の間に位置し、かつ、前記振動板を構成する部材の一部が可動部となっており、該可動部と該可動部が前記共通インク室側へ変位することを妨げるストッパにより、前記共通インク室から前記吐出室へインクが流れるときには抵抗が小さく、前記吐出室から前記共通インク室へインクが流れるときには抵抗が大きくなる逆止弁を構成することを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項2】 請求項1のインクジェットヘッドにおいて、前記可動部が片持ち梁形状となっていることを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項3】 請求項1あるいは2のインクジェットヘッドにおいて、前記可動部の屈曲部分の剛性が低くなっていることを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項4】 請求項1、2あるいは3のインクジェットヘッドにおいて、前記可動部の周囲を異方性あるいは等方性のウェットエッチングでエッチングして前記可動部を作製したことを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項5】 請求項1、2あるいは3のインクジェットヘッドにおいて、前記可動部の周囲をドライエッチングでエッチングして前記可動部を作製したことを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項6】 請求項1、2あるいは3のインクジェットヘッドにおいて、前記振動板が高濃度ボロン層からなり、かつ、前記可動部の周囲は高濃度ボロン層が形成されていないことを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項7】 請求項1乃至6のいずれかのインクジェットヘッドにおいて、前記可動部と前記ストッパとの間に微小隙間があることを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項8】 請求項1乃至7のいずれかのインクジェットヘッドにおいて、前記振動板に変形を生じさせる手段が備えられた基板に前記共通インク室を設けたことを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項9】 請求項8のインクジェットヘッドにおいて、前記振動板に変形を生じさせる手段が備えられた基板が結晶面方位(100)のシリコン基板からなり、前記共通インク室を前記シリコン基板表面上で<011>方向に形成したことを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項10】 請求項8のインクジェットヘッドにおいて、前記振動板に変形を生じさせる手段が備えられた基板が結晶面方位(100)のシリコン基板からなり、前記共通インク室を前記シリコン基板表面上で<010

2

>方向あるいは<001>方向に形成したことを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項11】 請求項1乃至10のいずれかのインクジェットヘッドにおいて、前記可動部の支持部が前記吐出室の壁で固定されることを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項12】 請求項1乃至10のいずれかのインクジェットヘッドにおいて、前記可動部の支持部が振動板に変形を生じさせる手段が備えられた基板で固定されていることを特徴とするインクジェットヘッド。

【請求項13】 請求項1乃至8、又は11又は12のいずれかのインクジェットヘッドにおいて、前記振動板に変形を生じさせる手段が備えられた基板がガラス基板からなることを特徴とするインクジェットヘッド。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、インクジェットヘッド、より詳細には、インク液滴を吐出し、記録媒体にインクを付着させ記録するインクジェットヘッドに関し、特に、インク液滴吐出室を単結晶シリコンによって作製するインクジェットヘッドに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 インクジェットヘッドは、記録時の騒音がきわめて少ないと、高速印字が可能であること、インクの自由度が高く安価な普通紙を使用できることなど多くの利点を有する。この中でも記録の必要なときにのみインク液滴を吐出する、いわゆる、オンデマンド方式が記録に不要なインク液滴の回収を必要としないため、現在主流となってきている。

【0003】 このオンデマンド方式のインクジェット方式には、特開平6-71882号公報に示されるように、駆動手段に静電気力を利用したインクジェットヘッドがある。この静電気力を利用したインクジェットヘッド振動板と該振動板に対向する電極との間に電圧が印加されると、これら振動板と対向電極との間に静電気力が働いて振動板が撓み、続いて印加電圧を切ると撓んでいた振動板が元に戻り、インクを加圧してインク滴として吐出せるものであり、低騒音、高印字品質、長寿命および低コストであるという利点を有している。

【0004】 図19は、前記特開平6-71882号公報に記載のインクジェットヘッドの分解斜視図で、一部断面図で示しており、3枚の基板1、2、3を重ねて接合した積層構造となっている。図20は、図19に示した3枚の基板1、2、3を接合して完成したインクジェットヘッドの断面を示す図で、インク液滴を基板の面部に設けたノズル孔から吐出するサイドシュータイプの例を示すものであり、第3の基板3の面に設けられたノズル孔4よりインク液滴を吐出せるようにしている。

【0005】 中間の基板1は、シリコン基板であり、底壁を振動板5とする吐出室6を構成することになる凹部

12と、該凹部12の後部に設けられた流体抵抗7を構成することになるインク流入口のための細溝13と、それぞれの吐出室6にインクを供給するための共通インク室8を構成することになる凹部14を有する。

【0006】基板1の下面に接合される下側の基板2にはパイレックスガラス(ホウ珪酸ガラス)を使用し、この基板2に個別電極21を装着するための凹部25を0.5μmエッチングすることにより、基板1と基板2の接合後、振動板5と基板2上の個別電極21とのギャップを形成する。この凹部25はその内側に個別電極21、リード部22及び端子部23を装着できるように電極部形状に類似したやや大きめの形状にパターン形成することで作製する。個別電極21は凹部25内に金を0.1μmスパッタして形成する。さらに端子部23もボンディングのための金をスパッタしている。基板2と基板1を接合することによって、振動板5と個別電極21との間に微小ギャップが0.4μm形成される。

【0007】第1の基板の上面に接合される第3の基板3には、厚さ100μmのSUS板を用い、基板3の面部に吐出室用の凹部12と連通するようにそれぞれノズル孔4を設け、又、共通インク室用の凹部14と連通するようにインク供給口31を設ける。インク供給口31は接続パイプ32及びチューブ33を介して図示しないインクタンクに接続される。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】前記従来例では、流体抵抗7は細溝13で形成されている。振動板5が変位して、吐出室6内のインクを押し出すとき、ノズル孔4以外に流体抵抗7側にもインクが押し出される。ノズル孔4にインクを吐出するための圧力を効率よく伝えるためには、流体抵抗7の溝を細くした方がよい。一方、連続吐出する場合には、共通インク室8から吐出室6へのインク供給が充分行えるように流体抵抗7の溝を太くした方がよい。流体抵抗7の溝が細すぎる場合には、吐出室6へのインク供給が間に合わなくなり、吐出しなくなってしまう。結局、吐出効率とインク供給はトレードオフの関係にあり、振動板5に押し出されたインクは、半分近く流体抵抗7側に吸収されてロスしている。アクチュエータはこのロス分を加味した設計をしなければならず、駆動電圧の高電圧化を招き、コストも高くなってしまうという問題が生じていた。

【0009】本発明は、上述のごとき実情に鑑みてなされたものであり、インク吐出が高効率であり、駆動電圧が低く、低コストのインクジェットヘッドを提供することを目的とする。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、インク液滴を吐出する單一又は複数のノズル孔と、前記ノズル孔のそれぞれに連通する吐出室と、前記吐出室と連通する共通インク室と、前記吐出室の少なくとも一方の壁を構成す

る振動板と、該振動板に変形を生じさせる手段を備え、前記振動板を構成する部材の一部が前記吐出室と前記共通インク室の間に位置し、かつ、前記振動板を構成する部材の一部が可動部となっており、該可動部と該可動部が前記共通インク室側へ変位することを妨げるストッパーにより、前記共通インク室から前記吐出室へインクが流れるとには抵抗が小さく、前記吐出室から前記共通インク室へインクが流れるとには抵抗が大きくなる逆止弁を構成することを特徴とし、もって、振動板を構成する部材の一部で構成される可動部と該可動部が前記共通インク室側へ変位することを妨げるストッパーによって逆止弁を構成することにより、容易に逆止弁を構成でき、インク吐出時に共通インク室側への吐出圧力のロスを著しく少なくし、インク吐出の効率を高めることができる。それによって、インク吐出速度を大きくして印字品質を向上させ、また、駆動電圧の低電圧化を可能とし、コストダウンを可能としたものである。

#### 【0011】

【発明の実施の形態】図1は、本発明によるインクジェットヘッドを説明するための図で、図1(A)は断面図、図1(B)は、ノズル孔4が形成されている基板3を取り除いた時の上面図、図1(C)は、本発明のインクジェットヘッドの動作を説明するための断面図である。本発明は、振動板5が形成される面に共通インク室8から吐出室6への貫通孔15を設け、インク流入経路内に振動板5と同一部材で構成される薄板16が存在するものである。貫通孔15の下にはストッパー20がある。インクは共通インク室8から基板2に形成されたインク流入路17、貫通孔15と通って吐出室6に供給される。

【0012】次に本発明のインクジェットヘッドの動作を説明する。振動板5と個別電極21との間に電圧を印加すると、図1(C)に示すように、静電気力によって振動板5が個別電極21側に撓む。振動板5が撓むことによって、吐出室6内の圧力が減少し、この時、薄板16は上方に該撓み薄板16とストッパー20の間隔が広くなり、共通インク室8から吐出室6へインクが供給される。電圧を除去すると、振動板5は弾性力により元に戻ろうとし、吐出室6内のインクを押し出す。この時、薄板16は下方に撓もうとするがストッパー20のために撓むことができず、薄板16とストッパー20により吐出室6から共通インク室8側へのインクの流れは遮断される。このように、薄板16とストッパー20によって、共通インク室8から吐出室6へはインクが流れるが、吐出室6から共通インク室8へはインクが流れない逆止弁が構成される。このインクジェットヘッドにより、インク吐出時に共通インク室側への吐出圧力のロスが著しく少なくなり、インク吐出の効率が高くなる。そのため、インク吐出速度も大きくなり印字品質が良くなる。又、駆動電圧の低電圧化も可能となり、コストダウンが可能と

なる。

【0013】図2は、本発明の他の実施例を示す図で、図2(A)は断面図、図2(B)は基板3を取り除いた状態の上面図である。本実施例では、図2に示すように、振動板5を構成する部材の一部を片持ち梁形状の可動部としたものである。本実施例では、図2(B)に示すように、振動板5が形成される面に切り込みが入れてある。前記同様、振動板5が下方に撓むと、吐出室6内の圧力が減少し、片持ち梁19は上方に撓み、インクが吐出室6内に流入する。振動板5が元の状態に戻ろうとするとき、片持ち梁19は元に戻る。インク吐出時に吐出室6内の圧力が高くなると、片持ち梁19は下方に力を受けるがストップ20が形成されているので、下方には撓まない。片持ち梁19とストップ20によって逆止弁が形成され、吐出室6から共通インク室8側へインクが流れようとするときの抵抗が大きくなり、吐出効率が高くなる。本実施例では、簡単な構成で逆止弁が形成できるので、作製が容易である。また、吐出室6へインクが流入するときの抵抗が小さいのでインクの供給能力が高く、高い周波数での駆動が可能であり印字速度を速くすることができる。

【0014】図3は、更に別の実施例を示す図で、本実施例では、片持ち梁19の屈曲部24の剛性を低くしたものである。図3(A)、図3(B)は、片持ち梁19の形状を変えたもので、図示のように、片持ち梁19の屈曲部24が細くなっているのでインク流入時に梁が曲がるための力が小さい。そのため、インク流入抵抗が小さくインク供給の効率が高くなる。また、インク吐出時には、片持ち梁19は前に説明したように下方には撓まないので、前記同様、インク流出を妨げる効果がある。

【0015】図4は、片持ち梁19の屈曲部24の厚さを薄くして剛性を小さくした例である。屈曲部24を薄くした場合にも、屈曲部24を細くした場合と同様の効果が得られる。

【0016】次に、図5に基づいて片持ち梁19の作製方法について説明する。結晶面方位(100)の単結晶シリコン基板の両面を研磨し、厚さ200μmのシリコン基板26を作製し、該シリコン基板26を酸素及び水蒸気雰囲気中で熱酸化処理し、シリコン基板26の両面に酸化膜27a及び27bを2μm形成する(図5(A))。次いで、下面の酸化膜27bの上に片持ち梁19の形状のフォトレジストパターンを形成し、フッ酸系エッティング液によって酸化膜27bの露出部分を除去する。この時、上面の酸化膜27aがフッ酸系エッティング液によって除去されないように、全面にフォトレジストをコートしておく。最後にフォトレジストパターンを除去する(図5(B))。次に、酸化膜27bの開口部を水酸化カリウム水溶液などのアルカリ液により深さ7μmの異方性エッティングをし、片持ち梁19の形状に堀込み30を作製する(図5(C))。ここで、結晶面方

位(100)のシリコン基板26を用いているので、周知のごとく異方性エッティングにおいて54.7°のテーパが現れる。よって、パターン幅を10μmとしておくと、深さ7μmで2つのテーパがぶつかり自発的にエッティングが停止する。

【0017】次に、上面の酸化膜27aの上に吐出室6や共通インク室8の形状のフォトリソパターンを形成し、前記同様、フッ酸系エッティング液により酸化膜27aの露出部分を除去する。この時、同時に下面の酸化膜27bも除去される(図5(D))。次いで、下面をOリングなどの封止治具あるいはワックス28などで保護し、酸化膜27aの開口部をアルカリ液により深さ195μmの異方性エッティングをし、片持ち梁19、吐出室6、共通インク室8および厚さ5μmの振動板5を作製する(図5(E))。

【0018】次に、共通インク室8以外の部分をメタルマスク34で覆い、ドライエッティングにより共通インク室8の底部を貫通させる(図5(F))。シリコンのドライエッティングはCF<sub>4</sub>、SF<sub>6</sub>、NF<sub>3</sub>、SiF<sub>4</sub>、BF<sub>3</sub>、CBrF<sub>3</sub>、XeF<sub>2</sub>などのようなF系ガス、CCl<sub>4</sub>F<sub>3</sub>、CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、CCl<sub>3</sub>F、C<sub>2</sub>ClF<sub>5</sub>、C<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>F<sub>4</sub>などのようなC1-F系ガス、CCl<sub>4</sub>、SiCl<sub>4</sub>、PCl<sub>3</sub>、BCl<sub>3</sub>、Cl<sub>2</sub>、HClなどのようなC1系ガスによりエッティングが可能である。最後に、フッ酸系エッティング液により酸化膜27aを除去し完成する(図5(G))。

【0019】なお、図5(C)の工程においてアルカリ液による異方性エッティングを用いたが、フッ硝酸系のエッティング液による等方性エッティングでも可能である。異方性エッティングではシリコン基板の結晶軸に沿った形状以外は作製が困難であるが、等方性エッティングでは、結晶軸に関係ない形状の作製が可能である。異方性、等方性のウェットエッティングでは、簡単に堀込みを作製でき、装置も簡便なものでよく、大量に処理できる。

【0020】図5に示した実施例では、片持ち梁19を異方性、等方性のウェットエッティングで作製したが、異方性エッティングでは、前に説明したように、テーパが生じ、又、等方性エッティングではサイドエッチが生じ、逆止弁を形成する堀込み30の線幅が大きくなってしまることがある。又、異方性エッティングでは、結晶方向に沿った形状となるので、片持ち梁の形状に制限を受けてしまう。そこで、片持ち梁の堀込み30をドライエッティングで作製することで、堀込み30の線幅を細くでき、片持ち梁19の形状の自由度も大きくできる。シリコンのドライエッティングは前に示したようにCF<sub>4</sub>、SF<sub>6</sub>、NF<sub>3</sub>、SiF<sub>4</sub>、BF<sub>3</sub>、CBrF<sub>3</sub>、XeF<sub>2</sub>などのようなF系ガス、CCl<sub>4</sub>F<sub>3</sub>、CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、CCl<sub>3</sub>F、C<sub>2</sub>ClF<sub>5</sub>、C<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>F<sub>4</sub>などのようなC1-F系ガス、CCl<sub>4</sub>、SiCl<sub>4</sub>、PCl<sub>3</sub>、BCl<sub>3</sub>、Cl<sub>2</sub>、HClなどのようなC1系ガス

などのようなC1系ガスによりエッティングが可能である。

【0021】次に、本発明の別の実施例を説明する。本実施例では振動板5は、高濃度のボロンドープ層35(図6にて説明)であって、ドープ層の厚さは所望の振動板厚と同じだけの厚さを有している。アルカリ液によるS1エッティングにおけるエッチレートは、ドーパントがボロンの場合、高濃度(約 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上)の領域においてエッチレートが急激に小さくなることが知られている。本実施例ではこのことを利用し、振動板形成領域を高濃度ボロンドープ層とし、アルカリ異方性エッティングにより、吐出室6、共通インク室8などを形成する際に、ボロンドープ層35が露出した時点でエッチレートが極端に小さくなるいわゆるエッチストップ技術により、振動板5、吐出室6などを所望の形状に作製するものである。

【0022】詳しい作製方法を図6に基づいて説明する。前記同様、結晶面方位(100)の単結晶シリコン基板の両面を研磨し、厚さ $200 \mu\text{m}$ のシリコン基板26を作製し、前記シリコン基板26を酸素及び水蒸気雰囲気中で熱酸化処理し、シリコン基板26の両面に酸化膜27a及び27bを $2 \mu\text{m}$ 形成する(図6(A))。次いで、下面の酸化膜27bの上に片持ち梁19の堀込みになる部分と共にインク室8の底面になる部分の形状のフォトレジストパターンを形成し、フッ酸系エッティング液によって酸化膜27bの露出部分を除去する。この時、上面の酸化膜27aがフッ酸系エッティング液によって除去されないように、全面にフォトレジストをコートしておく。最後に、フォトレジストパターンを除去する(図6(B))。次に、シリコン基板26の露出したシリコン部へのボロンドープを行い、高濃度ボロン層35を形成する。又、ドープ層厚さが $5 \mu\text{m}$ となるようなドープ条件にて処理を行う(図6(C))。上記のような高いボロン濃度や厚いドープ層を実現するための方法には、イオン注入法、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>剤のスピンドル法、BN板を用いる拡散法などがある。

【0023】次に、上面の酸化膜27aの上に吐出室6や共通インク室8の形状のフォトリソパターンを形成し、前記同様、フッ酸系エッティング液により酸化膜27aの露出部分を除去する。この時、同時に下面の酸化膜27bも除去される(図6(D))。次いで、下面をOリングなどの封止治具あるいはワックス28などで保護し、酸化膜27aの開口部をアルカリ液により異方性エッティングを施す。エッティング深さが $195 \mu\text{m}$ くらいになつたとき高濃度ボロン層35が露出し、エッチレートは急激に低下する。しかし、片持ち梁19の堀込みになる部分と共にインク室8の底面になる部分は高濃度ボロン層35が形成されていないので、エッティングは進行する。結果として、片持ち梁19、吐出室6、共通インク室8及び厚さ $5 \mu\text{m}$ の振動板5が形成される(図6

(E))。

【0024】本実施例ではエッチストップ技術を用いているので振動板5の厚さが精度良く作製でき、又、片持ち梁19の形成や共通インク室8の貫通は、異方性エッティングによる振動板5や吐出室6の作製と同時になされると言うメリットがある。

【0025】次に、図7に基づいて、個別電極21が形成された基板2の作製方法を説明する。結晶面方位(100)の単結晶シリコン基板36を酸素及び水蒸気雰囲

- 10 気中で熱酸化処理を施し、シリコン基板36の両面に酸化膜37a及び37bを $0.6 \mu\text{m}$ 形成する(図7(A))。次いで、上面の酸化膜37aの上に個別電極の形成される凹部25の形状とインク流入路17より少し大きい形状のフォトリソパターン38を形成する(図7(B))。次に、フッ酸系エッティング液により酸化膜37aの露出部分を除去する。この時、同時に下面の酸化膜37bも除去される(図7(C))。続いて、フォトリソパターン38を除去し、インク流入路17の形状のフォトレジストパターン39を形成し、ドライエッティングによりフォトレジストパターン39の開口部をエッティングしインク供給路17を作製する(図7(D))。
- 20 【0026】次に、フォトレジストパターン39を除去し、シリコン基板36の露出したシリコン部へボロンドープを行い、高濃度ボロン層40a、40bを形成する(図7(E))。ボロンドープ層を形成するには、前述のように、イオン注入法、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>剤のスピンドル法、BN板を用いる拡散法などがある。ボロンドープ層40aは、個別電極21として機能するものである。ボロンドープ層40aを形成する際、インク流入路17内にもボロンドープ層40bが形成されるが、ボロンドープ層40aとは分離されているので問題ない。インク供給路17内にボロンドープ層を形成したくない場合には、再酸化パターニング工程を加えればよい。

- 30 【0027】次に、図5又は図6に示したようにして作製した基板1を直接接合法により接合する。基板1と基板2を $100^{\circ}\text{C}$ の硫酸と過酸化水素水の混合液にて洗浄し、乾燥後、両基板1、2の対応するパターン同士の位置合わせを行った後、両基板を重ね合わせる。この状態で両基板を $1000^{\circ}\text{C}$ 、2時間の熱処理を行うと強固な接合状態が得られる(図7(F))。ここで、凹部25を形成するときにストップ20の上の酸化膜を除去し片持ち梁19とストップ20との間に微小隙間を形成したので、ストップ20は、直接接合の際に基板2に接合されない。このように、片持ち梁19とストップ20の間に微小隙間を設けることにより容易に逆止弁が作製できる。微小隙間は $0.2 \mu\text{m}$ 以上あれば接合されないが、好ましくは、 $0.4 \mu\text{m}$ 以上あれば歩留まりが向上する。最後に、ノズル孔4を形成したSUS板3を基板1の上に接合してインクジェットヘッドが完成する(図7(G))。

【0028】本実施例では、ボロンドープ層40aを個別電極としたが、これに限るものではなくメタル電極でもよい。又、本実施例では、インク流入路17をドライエッティングで作製したが、アルカリ液による異方性エッティング、あるいは、フッ硝酸による等方性エッティングでも作製可能である。

【0029】次に、図8に基づいて、本発明の別の実施例を説明する。本実施例は、図8に示すように、基板2に共通インク室8を設けたもので、図8(A)に断面図、図8(B)に基板3を取り除いたときの上面図を示す。基板2には片持ち梁19と連通するように貫通孔が形成され、貫通孔が共通インク室8を兼ねている。図8(C)に示すように、インクタンクからインクを供給するためのインク供給用の接続パイプ32を形成した蓋部材42を基板2の下に接合することにより、共通インク室8が形成される。本実施例では共通インク室8を基板2に形成しているので、ヘッドを小さくできる。

【0030】次に、図9を参照して共通インク室8を形成する基板2の作製方法について説明する。厚さ52.5μmの結晶面方位(100)の単結晶シリコン基板36を酸素及び水蒸気雰囲気中で熱酸化処理を施し、シリコン基板36の両面に酸化膜37a及び37bを0.6μm形成する(図9(A))。下面の酸化膜37bの上に共通インク室8の形状のフォトレジストパターンをシリコン基板36の<011>方向に形成し、フッ酸系エッティング液により酸化膜37bの露出部分を除去する(図9(B))。この時、上面の酸化膜37aの上にも全面フォトレジストを塗布しておく。続いてフォトリソパターンを除去し、酸化膜37bの開口部をTMAHなどのアルカリ液により異方性エッティングを施し、貫通させる(図9(C))。この場合、54.7°のテーパが現れるので、貫通できるような開口部寸法を考慮する必要がある。上面の酸化膜37aがエッティングされないようにOリングなどの封止治具あるいはワックス28などで保護すると良い。又、TMAHは酸化膜のエッチレートが非常に小さいので、0.6μmの酸化膜マスクで厚さ52.5μmのシリコン基板の貫通が可能である。水酸化カリウム水溶液はTMAHより酸化膜のエッチレートが大きいが、エッティング液の濃度や温度を低くするあるいは酸化膜膜厚を厚くする、又、マスクに窒化膜を用いること等により貫通エッティングが可能である。

【0031】次に、上面の酸化膜37aの上に個別電極の形成される凹部25の形状と共通インク室8より少し大きい形状のフォトレジストパターンを形成し、フッ酸系エッティング液により酸化膜37aの露出部分を除去する。この時、同時に下面の酸化膜37bも除去される(図9(D))。又、図10(A)に示すように、酸化膜37aおよび37bも両面をパターニングし(図10(A))、あるいは、図10(B)に示すように、酸化膜37a側をOリング又はワックス28などで保護して

異方性エッティングすることにより作製することもできる。次に、フォトレジストパターンを除去し、シリコン基板36の露出したシリコン部へボロンドープを行い、高濃度ボロン層40aを形成する(図9(E))。次に、前述のようにして作製した基板1を直接接合法により接合し、その上にノズル孔4を形成した基板3を接合することによりインクジェットヘッドが完成する(図9(F))。

【0032】上述のように共通インク室8を結晶面方位(100)のシリコン基板の異方性エッティングにより作製することにより、非常に寸法精度の良い共通インク室8を作製することができる。

【0033】図11は、吐出室6及びノズル孔4を2列千鳥配列にして印字密度を高めた場合の実施例を示す図で、図11(A)は断面図で、図11(B)はノズル孔の形成された基板3を取り除いたときの上面図である。

【0034】図11に示した実施例では、図9に示した実施例の共通インク室8の形状のフォトレジストパターンをシリコン基板36の<010>方向と<001>方向に合わせて形成する。すなわち、図9に示した実施例のパターニング位置からシリコン基板36を45°回転してパターニングを行う。パターンをシリコン基板36の<011>方向に合わせて異方性エッティングを行った場合には、54.7°のテーパが現れたが、パターンを<010>方向と<001>方向に合わせて異方性エッティングを行った場合には、図12に示すように垂直壁43が形成される。この垂直壁43は(100)面と等価な(010)面あるいは(001)面であるので、(100)面と同等にエッティングが進む。すなわち、酸化膜37bの開口幅よりも大きくなるので、この広がりの分を考慮してフォトマスクを設計すると良い。共通インク室8の作製後は、前記同様の手順に従ってインクジェットヘッドが完成する。本実施例では、テーパがないので、基板の面積を有効に使用することができ、インクジェットヘッドを小さくできる。

【0035】図13に示すように、片持ち梁19の固定部が薄板部分になっていると、インク吐出時、吐出室6内の圧力が高くなった際に、片持ち梁19の固定部の剛性が小さいので逆止弁としての効果が小さくなってしまう。そこで、図14に示すように、片持ち梁19の固定部を吐出室6の壁部分とすることによって、片持ち梁19が強く固定されインク吐出の際に吐出室6内の圧力が高くなったときにも、インクが共通インク室8側に漏れたり、圧力を吸収したりすることが少なくなり、インク吐出の効率が高くなる。

【0036】印字密度を高くして高品質画像を得るには、ノズル孔4、吐出室6や振動板5を高密度に並べる必要がある。前記実施例のように、吐出室6を形成する基板1に結晶面方位(100)のシリコン基板を用いた場合には、前にも説明したように、54.7°のテーパ

が現れる。このテープのために、振動板5を並べる密度に限界が存在する。振動板を高密度に並べるには、結晶面方位(110)のシリコン基板を用いるのが有効である。(110)シリコン基板では周知のように(111)面が基板表面(110)面と<112>方向で垂直に交わっており、異方性エッチングにより基板表面に対して垂直壁を形成することができる。このことを利用してピッチ間隔を狭めて振動板を高密度に並べることが可能となる。(110)シリコン基板を異方性エッチングするときのパターンは、図15(B)に示すような、平行四辺形あるいは図15(C)に示すような六角形を用いる。この時2つの(111)垂直壁の間に、(111)テープ面44が現れる。このテープ面のために振動板5の形状は平行四辺形となる。このため、片持ち梁19の固定部を吐出室6の壁部分にしようとする、固定部が斜めになってしまふ。この問題を解消するため、図15(A)に示すように、片持ち梁19を基板2の共通インク室8の壁によって固定した。このようにすることによって、吐出室6の形状に関わらず、片持ち梁19の固定が可能であり、(110)シリコン基板を使って高密度に振動板を並べた場合においても吐出効率の良いインクジェットヘッドが作製できる。

【0037】図16は、図14に示した実施例のものを、千鳥配列にした場合の断面構成図である。中心部に基板2のエッチング残しによる固定柱45を設け、片持ち梁19の固定部としている。固定柱45の作製方法を図17に基づいて説明する。厚さ $5.25\mu\text{m}$ の結晶面方位(100)の単結晶シリコン基板36を酸素及び水蒸気雰囲気中で熱酸化処理を施し、シリコン基板36の両面に酸化膜37a及び37bを $0.6\mu\text{m}$ 形成する(図17(A))。下面の酸化膜37bの上に共通インク室8の形状のフォトレジストパターンをシリコン基板36の<011>方向に形成する。この時、共通インク室8を2つに分離する細いフォトレジストパターンを形成しておく。ここでは、細いパターンの幅を $5\mu\text{m}$ とした。次に、フッ酸系エッチング液により酸化膜37bの露出部分を除去する。共通インク室8のパターンの中心に細い酸化膜パターン46が形成される(図17(B))。この時、上面の酸化膜37aの上にも全面フォトレジストを塗布しておく。

【0038】続いて、フォトリソパターンを除去し、酸化膜37bの開口部をTMAHなどのアルカリ液により異方性エッチングを施す。この時(111)面も若干エッチングされるため、細いパターン46により分離されていた共通インク室がエッチング途中で連通する(図17(C))。更にエッチングを続けると、図17(D)に示すように、共通インク室8の中心部に固定柱45が形成される。この後の共通液室8や個別電極21の作製方法は前記同様である。

【0039】次に、図18を参照して別の実施例を示

す。この図18に示した実施例では、基板2にパイレックスガラス(ホウ珪酸ガラス)を使用する。まず、パイレックスガラス基板47の上面に個別電極の形成される凹部25の形状と共にインク室8より少し大きい形状のフォトレジストパターン50を形成する(図18(A))。次に、フッ酸系エッチング液によりパイレックスガラス基板47を $0.7\mu\text{m}$ エッチングし凹部48を形成する(図18(B))。続いて、フォトリソパターンを除去し、パイレックスガラス基板47の下面から10 サンドブラスト法により貫通孔49を形成する(図18(C))。個別電極21は凹部48内に金を $0.1\mu\text{m}$ スパッタして形成する(図18(D))。この時、ストップ20の上にも金52をスパッタする。

【0040】次に、同様に裏面からも金52をスパッタする。この時ストップ20の上にスパッタした金52と、裏面からスパッタした金52が連通する(図18(E))。次に、前述のようにして作製した基板1と接合する。シリコン基板1とパイレックスガラス基板47との接合には陽極接合法を用いる。シリコン基板1とパイレックスガラス基板47は洗浄後、振動板5と個別電極21を位置合わせし、図18(F)に示すように、陰極側電極51の上にセットする。個別電極21や電極板51の表面の酸化を防ぐため窒素ガス雰囲気中に置く。

【0041】次に、両基板を $300^\circ\text{C}$ に加熱し、続いて500Vの電圧を印加する。ここで、シリコン基板1と個別電極21と金52を等電位に落としておく。等電位にすることにより振動板5や片持ち梁19に電界による静電引力が働くないので、その周辺を固定した後の振動板5や片持ち梁19に残留応力が生じることがない。最後に、ノズルを作製した基板3を上に接合することによりインクジェットヘッドが完成する。本実施例では陽極接合法により強固な接合が得られ、信頼性の高いインクジェットヘッドが作製できる。

【0042】以上に、振動板を静電力で変位させる方式のインクジェットヘッドを例として説明してきたが、ビエゾ素子によって振動板を変位させる方式、あるいは、熱によって発生した気泡によって振動板を押し上げる方式においても適用可能である。

40 【0043】

【発明の効果】請求項1のインクジェットヘッドは、振動板を構成する部材の一部で構成される可動部と、該可動部が共通インク室側へ変位することを妨げるストップとによって逆止弁を構成したので、容易に逆止弁を構成でき、インク吐出時に共通インク室側への吐出圧力のロスが著しく少くなり、インク吐出の効率が高くなる。そのため、インク吐出速度も大きくなり印字品質が向上する。また、駆動電圧の低電圧化も可能となり、コストダウンが可能である。

50 【0044】請求項2のインクジェットヘッドは、可動

部が片持ち梁形状となっているので、簡単に可動部を作製でき、インク流入抵抗が小さく、インク供給の効率が高い。

【0045】請求項3のインクジェットヘッドは、前記可動部の屈曲部分の剛性が低くなっているので、可動部が変位するときの抵抗が小さく、インク供給の効率が高い。そのため、高い周波数での駆動が可能であり印字速度を速くすることができる。

【0046】請求項4のインクジェットヘッドは、前記可動部の周囲を異方性あるいは等方性のウエットエッチングでエッティングして前記可動部を作製したので、簡単に可動部を作製でき、装置も簡便なもので良く、大量に処理することができるので、低コストである。

【0047】請求項5のインクジェットヘッドは、前記可動部の周囲をドライエッティングでエッティングして前記可動部を作製したので、堀込みの線幅が小さくできインクのリークが少なく、インクの吐出効率が高くなる。また、可動部の形状設計の自由度が大きい。

【0048】請求項6のインクジェットヘッドは、前記振動板が高濃度ボロン層からなり、かつ、前記可動部の周囲は高濃度ボロン層が形成されていないので、エッティングストップ技術により振動板を精度良く製作でき、又、可動部は異方性エッティングによる振動板や吐出室の作製と同時に形成されるので、作製工程が低減されコストダウンとなる。

【0049】請求項7のインクジェットヘッドは、前記可動部と前記ストッパとの間に微小隙間があるので、可動部とストッパが接合されないようにすることができる。

【0050】請求項8のインクジェットヘッドは、振動板に変形を生じさせる手段が備えられた基板に共通インク室を設けたので、共通インク室の面積の分インクジェットヘッドを小さくできる。

【0051】請求項9のインクジェットヘッドは、振動板に変形を生じさせる手段が備えられた基板が結晶面方位(100)のシリコン基板からなり、前記共通インク室を前記シリコン基板表面上で<011>方向に形成したので、精度良く簡単に共通インク室を作製することができ、作製の歩留まりがよい。

【0052】請求項10のインクジェットヘッドは、振動板に変形を生じさせる手段が備えられた基板が結晶面方位(100)のシリコン基板からなり、前記共通インク室を前記シリコン基板表面上で<010>方向あるいは<001>方向に形成したので、共通インク室は基板表面に対して垂直な側壁によって構成され、基板面積を有効に使用することができ、インクジェットヘッドの小型化につながる。

【0053】請求項11のインクジェットヘッドは、前記可動部の支持部が前記吐出室の壁で固定されるのでインク吐出の際に吐出室内の圧力が高くなったときにも、

インクが共通インク室側に漏れたり、圧力を吸収したりすることが少なくなり、インク吐出の効率が高くなる。

【0054】請求項12のインクジェットヘッドは、前記可動部の支持部が振動板に変形を生じさせる手段が備えられた基板で固定されているので、吐出室の形状に関わらず可動部の支持部を固定でき、(110)シリコン基板を用いて高密度に振動板を並べた場合においても吐出効率の良いインクジェットヘッドが実現可能である。

【0055】請求項13のインクジェットヘッドは、前記振動板に変形を生じさせる手段が備えられた基板がガラス基板からなるので、陽極接合法により強固な接合が得られ、信頼性の高いインクジェットヘッドが実現可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明によるインクジェットヘッドの一実施例を説明するための図である。

【図2】 本発明の他の実施例を説明するための図である。

【図3】 片持ち梁の屈曲部を細くして剛性を小さくした例を示す。

【図4】 片持ち梁の屈曲部の厚さを薄くして剛性を小さくした例を示す図である。

【図5】 片持ち梁の作製方法を説明するための工程図である。

【図6】 片持ち梁の作製方法の他の例を説明するための工程図である。

【図7】 個別電極が形成された基板の作製方法を説明するための工程図である。

【図8】 本発明によるインクジェットヘッドの他の実施例を説明するための図である。

【図9】 共通インク室を形成する基板の作製方法を説明するための工程図である。

【図10】 共通インク室を形成する基板の他の作製方法を説明するための図である。

【図11】 吐出室及びノズル孔を2列千鳥配列にして印字密度を高めた例を示す図である。

【図12】 共通液室に垂直壁を形成する例を示す図である。

【図13】 片持ち梁の固定部を薄板部分で構成した例を示す図である。

【図14】 片持ち梁の固定部を吐出室の壁部で構成した例を示す図である。

【図15】 片持ち梁を共通インク室の壁によって固定した例を示す図である。

【図16】 図14に示したヘッドを千鳥配列にした場合の構成を示す図である。

【図17】 固定柱の作製方法を説明するための工程図である。

【図18】 基板にパイラックスガラス(ホウ珪酸ガラス)を使用した実施例を説明するための図である。

【図19】 従来のインクジェットヘッドの分解斜視図で、一部断面図を示す図である。

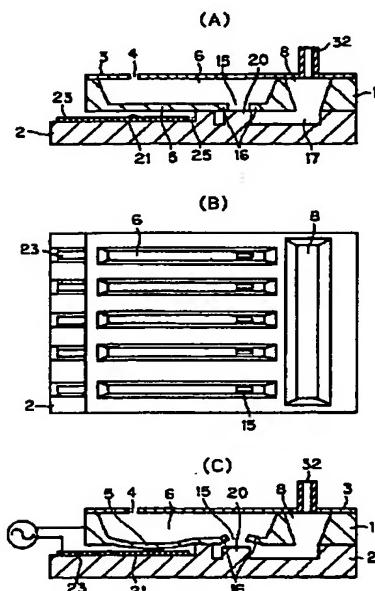
【図20】 図19に示した3枚の基板を接合して完成したインクジェットヘッドの断面を示す図である。

【符号の説明】

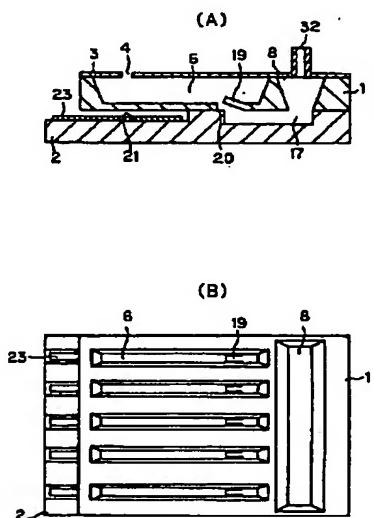
1, 2, 3…基板、4…ノズル孔、5…振動板、6…吐出室、7…流体抵抗、8…共通インク室、12, 14, 25, 48…凹部、13…細溝、15, 49…貫通孔、16…薄板、17…インク流入路、19…片持ち梁、20…ストッパー、21…個別電極、22…リード部、23\*10

\*…端子部、24…屈曲部、26…シリコン基板、27a, 27b, 37a, 37b…酸化膜、28…ワックス、30…堀込み、31…インク供給口、32…接続パイプ、33…チューブ、34…メタルマスク、35, 40a, 40b…高濃度ボロンドープ層、36…シリコン基板、38…フォトリソパターン、39, 50…フォトレジストパターン、42…蓋部材、43…垂直壁、44…テーパ面、45…固定柱、46…酸化膜パターン、47…パイレックスガラス基板、49…貫通孔、51…陰極側電極板、52…金。

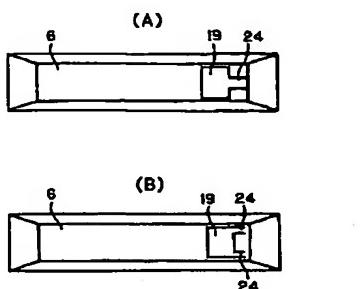
【図1】



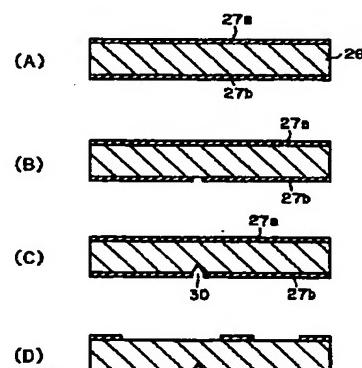
【図2】



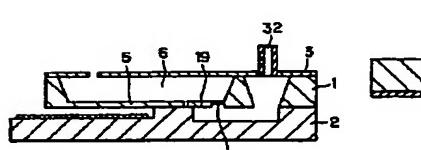
【図3】



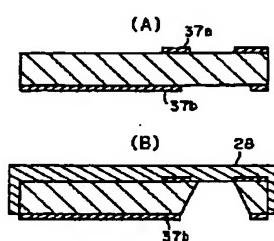
【図5】



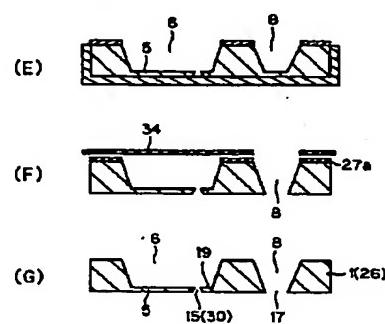
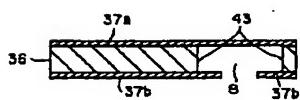
【図4】



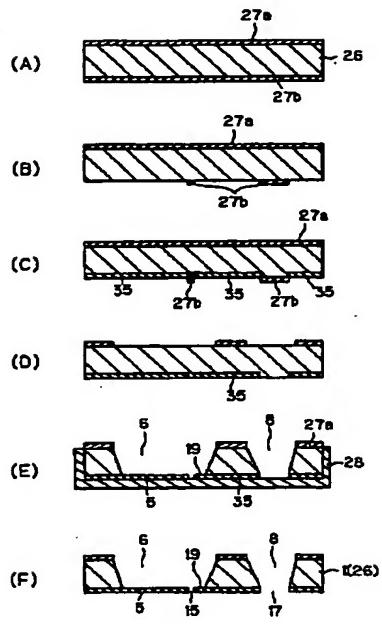
【図10】



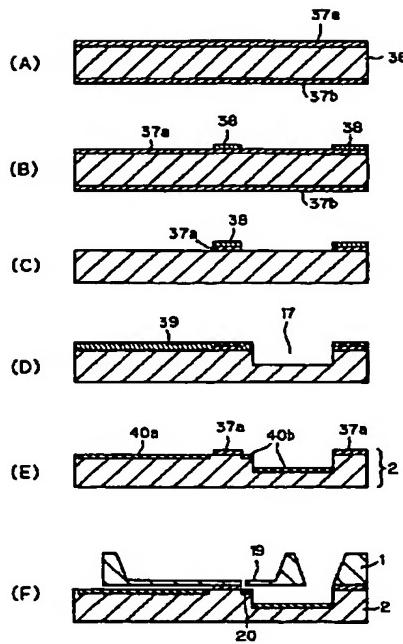
【図12】



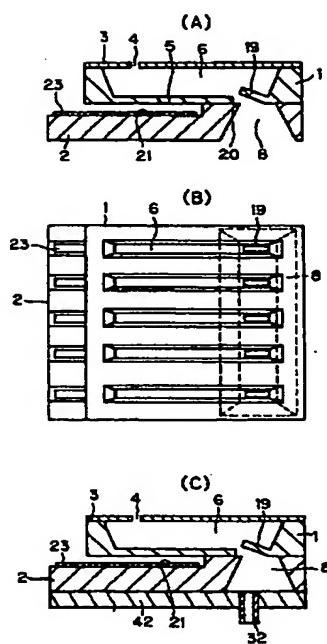
【図6】



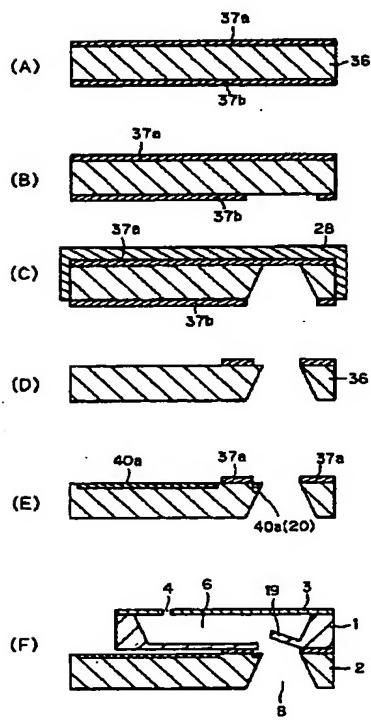
【図7】



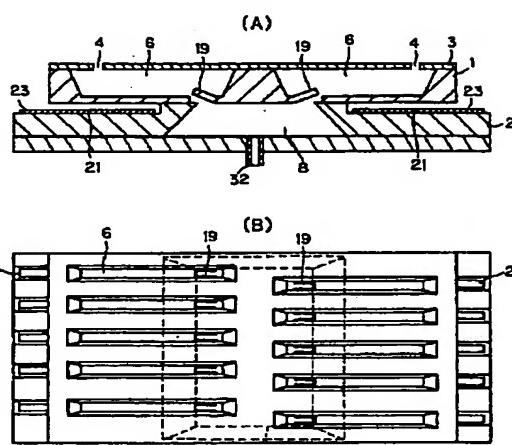
【図8】



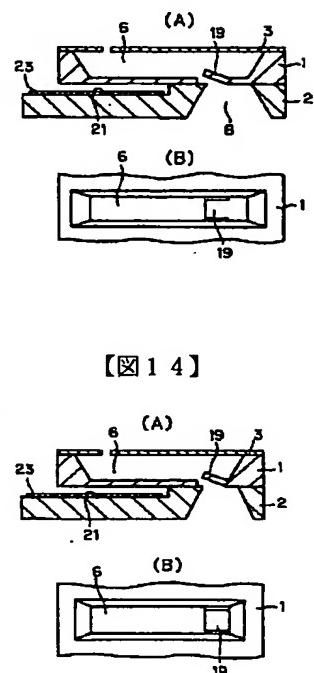
【図9】



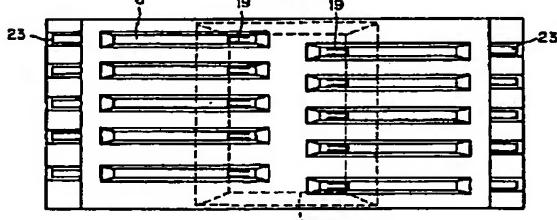
【図11】



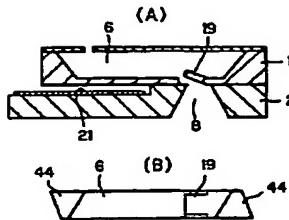
【図13】



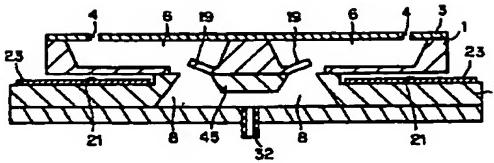
【図14】



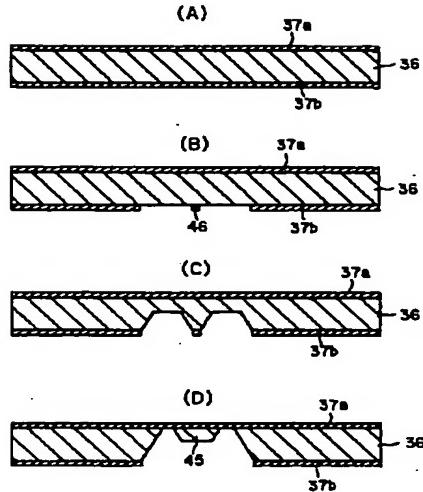
【図15】



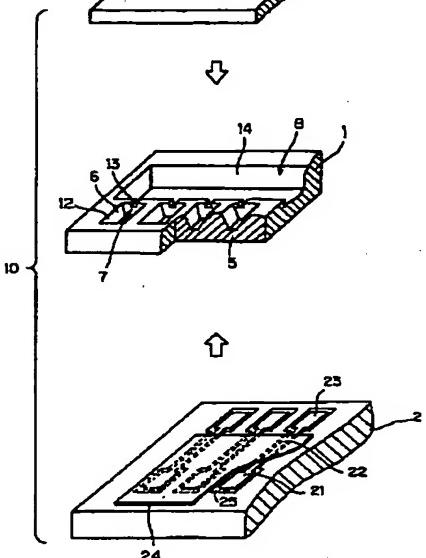
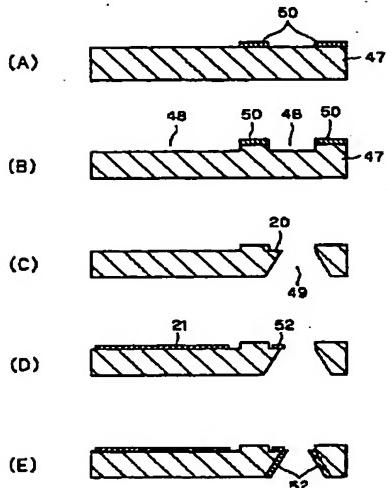
【図16】



【図17】



【図18】



【図20】

